

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-221783

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl. G03F 1/08
 G03F 1/14
 G03F 7/20
 H01L 21/027

(21)Application number : 2001-015975

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 24.01.2001

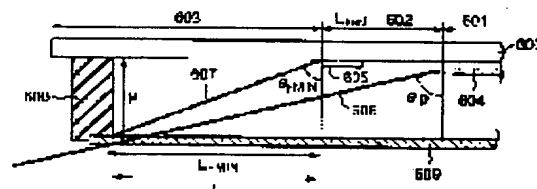
(72)Inventor : SUTANI TAKUJI
 FUJISAWA TADAHITO
 SAKAMOTO TAKASHI
 ASANO MASASHI
 SATO TAKASHI
 INOUE SOICHI

(54) MASK FOR EXPOSURE AND FOCUS MONITORING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high precision focus measuring method based on a projection optics system without using any special mask for focus monitoring.

SOLUTION: The mask for exposure is provided with a device pattern formed on a pattern area on a main surface of its transparent substrate to be used for transfer of the device pattern on a wafer via the projection optics system. It is also provided with a pattern for focus monitor 605 comprising a micro-pitched small box mark and a large box mark enclosing the small one installed in a kerf area 602 outside the pattern area 601 on the main surface of its transparent substrate 600, and a pellicle frame 608 blocking the element of any one \pm first diffractive lights incoming from the small box mark of the pattern for focus monitoring 605 and passing through a pupil of projection optics system.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】透明基板の一主面上のパターン領域にデバイスパターンが形成され、投影光学系を介してウェハ上にデバイスパターンを転写するために使用される露光用マスクであって、

前記透明基板の一主面上の前記パターン領域の外側の領域に設けられ、パターンのピッチが異なる 2 種のパターンで形成されたフォーカスモニタ用パターンと、前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチが細かい方のパターンからの回折光で且つ前記投影光学系の瞳を通過する±回折光のうち何れか一方の成分を遮る遮蔽部とを具備してなることを特徴とする露光用マスク。

【請求項 2】前記フォーカスモニタ用パターンは、内側と外側の 2 種のパターンで形成され、且つ内側と外側でパターンのピッチが異なることを特徴とする請求項 1 記載の露光用マスク。

【請求項 3】前記遮蔽部は、前記デバイスパターンからの回折光に対して、前記投影光学系の瞳を通過する光束は遮蔽しないことを特徴とする請求項 1 記載の露光用マスク。

【請求項 4】前記遮蔽部は、前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンからの±1次の回折光のうち何れか一方の成分を遮るものであることを特徴とする請求項 1 記載の露光用マスク。

【請求項 5】前記フォーカスモニタ用パターンは、前記パターン領域からの距離を変えて複数個設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の露光用マスク。

【請求項 6】前記透明基板の一主面を保護するために、前記パターン領域を囲むベリクルフレームと該ベリクルフレームの一端開口側を封鎖するベリクル膜からなる保護部材が設けられ、前記ベリクルフレームで前記±回折光のうち何れか一方の成分を遮ることを特徴とする請求項 1 記載の露光用マスク。

【請求項 7】前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンから前記ベリクルフレームまでの距離を L 、前記ベリクルフレームの高さを H とし、前記投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足することを特徴とする請求項 6 記載の露光用マスク。

【請求項 8】前記透明基板の一主面を保護するために、前記パターン領域を囲むベリクルフレームと該ベリクルフレームの一端開口側を封鎖するベリクル膜からなる保護部材が設けられ、前記ベリクル膜の一部に前記±回折光のうち何れか一方の成分を遮るための遮蔽体を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の露光用マスク。

【請求項 9】前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンか

2

ら前記ベリクル膜に付着させた遮光体までの距離を L' 、前記ベリクルフレームの高さを H とし、前記投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L'/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足することを特徴とする請求項 8 記載の露光用マスク。

【請求項 10】請求項 1～9 の何れかに記載の露光用マスクを用い、前記デバイスパターン及びフォーカスモニタ用パターンをウェハ上に転写し、ウェハ上に転写されたフォーカスモニタ用パターンの内側と外側との間で生じる位置ずれを測定し、この位置ずれ量をフォーカスずれとして検出することを特徴とするフォーカスモニタ方法。

【請求項 11】透明基板の一主面上のパターン領域にデバイスパターンが形成された露光用マスクを用い、投影光学系を介してウェハ上にデバイスパターンを転写した際のフォーカスをモニタする方法であって、

前記透明基板の一主面上の前記パターン領域の外側の領域に、パターンのピッチが異なる 2 種のパターンで形成されたフォーカスモニタ用パターンを設けておき、前記デバイスパターンを転写する際に、前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンからの回折光で且つ前記投影光学系の瞳を通過する±回折光のうち何れか一方の成分を遮る処理を施し、フォーカスのずれ量に応じてフォーカスモニタ用パターンの内側と外側との間で位置ずれ量を前記試料上で発生させ、この位置ずれ量をフォーカスずれとして検出することを特徴とするフォーカスモニタ方法。

【請求項 12】前記フォーカスモニタ用パターンとして、内側と外側でパターンのピッチを異ならせたボックス・イン・ボックスのパターンを用いたことを特徴とする請求項 11 記載の露光用マスク。

【請求項 13】前記回折光を遮るための処理では、前記デバイスパターンからの回折光に対しては、前記投影光学系の瞳を通過する光束は遮蔽しないことを特徴とする請求項 11 記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項 14】前記回折光を遮るための処理は、回折光が前記露光用マスクを通過し前記ウェハに到達するまでの間に配置された遮光体により行うことを特徴とする請求項 11 記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項 15】前記回折光を遮るための処理として、前記露光用マスク上に配置するベリクルフレームを用いることを特徴とする請求項 11 記載のフォーカスモニタ方法。

【請求項 16】前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンから前記ベリクルフレームまでの距離を L 、前記ベリクルフレームの高さを H とし、前記投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とし

10

20

30

40

50

3

た場合、

$$\tan^{-1}(L/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足することを特徴とする請求項15記載のフォーカスマニタ方法。

【請求項17】前記回折光を遮るための処理として、前記マスク上に配置するベリクル膜の一部に遮光体を付着させたことを特徴とする請求項11記載のフォーカスマニタ方法。

【請求項18】前記フォーカスマニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンから前記ベリクル膜に付着させた遮光体までの距離を L' 、前記ベリクルフレームの高さを H とし、前記投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L'/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足することを特徴とする請求項17記載のフォーカスマニタ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子や液晶表示素子等の製造に際して、投影露光装置におけるフォーカス制御を設定するのに適した露光用マスク及びフォーカスマニタ方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年のデバイスパターンの微細化に伴い、露光量余裕度や焦点深度などのプロセスマージンを十分に得ることが難しくなっている。そのため、少ないプロセスマージンを有効に使用し、歩留まりの低下を防ぐためには、より高精度に露光量及びフォーカスをモニタする技術が必要になっている。

【0003】従来のフォーカスを管理する手法では、図1(a)に示すような菱形マーク101が形成されたQCマスクを用い、フォーカス値を変化させて露光を行い、図1(b)に示すようなウェハに転写された菱形マークパターン102のパターン長 L が最長となるフォーカス点をベストフォーカスとしていた。この場合、パターン長 L とデフォーカスの関係は図2に示すようになる(特開平10-335208号公報)。

【0004】菱形マークは最適なフォーカス点では細かい部分まで解像されるが、デフォーカスされるに従い細かい部分に対する解像度が低下する。そのため、ウェハ上に転写される菱形マークのパターン長 L は、ベストフォーカスの位置で最大値となり、プラスマイナスのデフォーカスに対してほぼ対称な特性を示す。このマークの利用法としては、ロットを流す前に先行してデフォーカスを変化させて露光することにより、ベストフォーカスを求めることに適用できる。

【0005】しかしながら、この種の方法にあっては次のような問題があった。即ち、菱形マークを用いて同一露光条件で露光されているロットのフォーカス条件を管

4

理しようとした場合、転写後の菱形マークのパターン長 L をモニタしただけでは(1)フォーカスのずれ方向が分からない、(2)露光量の変動による影響を受けてしまう、という問題があった。

【0006】また、もう一つのフォーカスマニタ方法として、露光量に影響されずにフォーカスの変動量をパターンの位置ずれ量として検出する方法が提案されている(Phase shift focus monitor applications to lithography tool control, D. Wheeler et al., SPIE vol. 3051, pp225-233)。しかしながら、この方法におけるマークによるフォーカスの検出感度は光源形状(σ 形状)に大きく依存し、比較的低 σ の露光条件においては十分に感度が得られるものの、比較的大きな σ 条件又は輪帯照明条件においては十分な感度が得られていないという問題があった。さらに、上記の手法ではマーク作成において位相シフト膜を形成する必要があるためマスク製造上の負担が大きくなり、QCマスクへの適用については実現性はあるものの、実デバイスマスクへ適用することは困難であった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、投影光学系によるフォーカスをモニタするには、露光用マスクとは別に菱形マークや位相シフト膜を設けた特殊なフォーカスマニタ用マスクを用いる必要があった。また、菱形マークを用いる手法では、フォーカスのずれ方向が分からないことや露光量の変動による影響を受けてしまう問題があった。さらに、位相シフト膜を用いる手法では、マスク製造上の負担が大きくなることに加え、比較的大きな σ 条件又は輪帯照明条件においては十分な感度が得られていないという問題があった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、フォーカスマニタのために特別なマスクを用いることなく、投影光学系によるフォーカスを高い感度で精度良く測定することのできる露光用マスク及びフォーカスマニタ方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】(構成)上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。

【0010】即ち本発明は、透明基板の一主面上のパターン領域にデバイスパターンが形成され、投影光学系を介してウェハ上にデバイスパターンを転写するために使用される露光用マスクであって、前記透明基板の一主面上の前記パターン領域の外側の領域に設けられ、パターンのピッチが異なる2種のパターンで形成されたフォーカスマニタ用パターンと、前記フォーカスマニタ用パターンのうちピッチが細かい方のパターンからの回折光で且つ前記投影光学系の瞳を通過する±回折光のうち何れか一方の成分を遮る遮蔽部とを具備してなることを特徴とする。

5

【0011】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものが挙げられる。

(1) フォーカスモニタ用パターンは、内側と外側の2種のパターンで形成され、且つ内側と外側でパターンのピッチが異なること。

(2) 遮蔽部は、デバイスパターンからの回折光に対して、投影光学系の瞳を通過する光束は遮蔽しないこと。

(3) 遮蔽部は、フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンからの±1次の回折光のうち何れか一方の成分を遮るものであること。

(4) フォーカスモニタ用パターンは、パターン領域からの距離を変えて複数個設けられていること。

【0012】(5) 透明基板の一主面を保護するために、パターン領域を囲むベリクルフレームと該ベリクルフレームの一端開口側を封鎖するベリクル膜からなる保護部材が設けられ、ベリクルフレームで±回折光のうち何れか一方の成分を遮ること。

(6) フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンからベリクルフレームまでの距離を L 、ベリクルフレームの高さを H とし、投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足すること。

【0013】(7) 透明基板の一主面を保護するために、パターン領域を囲むベリクルフレームと該ベリクルフレームの一端開口側を封鎖するベリクル膜からなる保護部材が設けられ、ベリクル膜の一部に±回折光のうち何れか一方の成分を遮るための遮蔽体を設けたこと。

(8) フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンからベリクル膜に付着させた遮光体までの距離を L' 、ベリクルフレームの高さを H とし、投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L'/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足すること。

【0014】また本発明は、透明基板の一主面上のパターン領域にデバイスパターンが形成された露光用マスクを用い、投影光学系を介してウェハ上にデバイスパターンを転写する露光装置に対し、投影光学系によるフォーカスをモニタする方法において、前記透明基板の一主面上の前記パターン領域の外側の領域に、パターンピッチの異なる2種のパターンからなるフォーカスモニタ用パターンを設けておき、前記デバイスパターンを転写する際に、前記フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンからの回折光で且つ前記投影光学系の瞳を通過する±回折光のうち何れか一方の成分を遮る処理を施し、フォーカスのずれ量に応じてフォーカスモニタ用パターンの内側と外側との間で位置ずれ量を前記試料上で発生させ、この位置ずれ量をフォーカスずれと

6

して検出することを特徴とする。

【0015】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものが挙げられる。

(1) フォーカスモニタ用パターンとして、内側と外側でパターンのピッチが異なるボックス・イン・ボックスのパターンを用いること。

(2) 回折光を遮るための処理では、デバイスパターンからの回折光に対しては、投影光学系の瞳を通過する光束は遮蔽しないこと。

(3) 回折光を遮るための処理は、回折光が露光用マスクを通過しウェハに到達するまでの間に配置された遮光体により行うこと。

【0016】(4) 回折光を遮るための処理として、露光用マスク上に配置するベリクルフレームを用いること。

(5) フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンからベリクルフレームまでの距離を L 、ベリクルフレームの高さを H とし、投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足すること。

【0017】(6) 回折光を遮るための処理として、マスク上に配置するベリクル膜の一部に遮光体を付着させたこと。

(7) フォーカスモニタ用パターンのうちピッチの細かい方のパターンのピッチ p は、該パターンからベリクル膜に付着させた遮光体までの距離を L' 、ベリクルフレームの高さを H とし、投影光学系における露光光の波長を λ 、ウェハ側開口数を NA 、倍率を n とした場合、

$$\tan^{-1}(L'/H) < \cos^{-1}(\lambda/p) < \sin^{-1}(NA/n)$$

の関係を満足すること。

【0018】(作用) 本発明は、露光プロセス中に生じるフォーカス変動量を位相シフト等の特殊なパターンを用いることなく高精度で測定しようというものである。ここで用いるパターンは、いわゆるボックス・イン・ボックスパターン等のアライメント精度測定などで用いられているパターンの一部を変更したものである。そして、その配置を、実デバイスパターンとの関係において適切な位置に設定することが特徴である。

【0019】光軸に対して対称な照明条件下において、回折光(テレセンズれが存在しないこと、パターン形成に関与するものが+1次、0次、-1次とした場合)が投影光学系の瞳面以外で蹴られることなく全てウェハ上に到達したならば、テレセンズれが存在しない限り例えばフォーカス位置がずれてもそれが転写されるパターンの位置ずれに現れることはない。しかし、この中の片方(例えば+1次光)の回折光のみをウェハに到達する前になんらかの方法で遮ることができれば、ウェハ上には0次光及び-1次光の二光束干渉成分と0次光及び+1次光の二光束干渉成分との割合が崩れるため、フォーカ

7

ずれが生じた場合にパターンの位置ずれとして検出できる。

【0020】上記の二つの効果を利用して、実デバイスパターンは回折光が蹴られない位置へ、また上記フォーカスモニタ用パターンは上記蹴られる位置若しくは蹴るための処理を施した。以上のようにすることで、フォーカスモニタ用パターンの位置ずれをアライメント精度測定装置で観測すれば、容易にフォーカスのずれを高精度に測定することができる。

【0021】また、フォーカスモニタ用パターンとしてボックス・イン・ボックスパターンを用い、内側と外側のパターンの一方を細かいピッチ（上記の条件でフォーカスずれによる位置ずれが生じる）、他方を粗いピッチ（上記の条件でもフォーカスずれによる位置ずれが生じない）に形成することにより、フォーカスずれが生じた場合に一方のパターンみが位置ずれを起こすので、内側と外側のパターンのずれを検出することによりフォーカスモニタが可能となる。しかも、フォーカスモニタ用パターンはデバイスパターンが形成された領域の外側に配置すれば、デバイスパターン（チップ）領域に何の制限も加えることなく、上記のフォーカスモニタが可能である。

【0022】従って本発明によれば、フォーカスモニタのために特別なマスクを用いることなく、投影光学系によるフォーカスを高い感度で精度良く測定することが可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0024】（第1の実施形態）本実施形態では、フォーカスモニタ用パターンとして、アライメント精度測定装置で検出することが可能なボックス・イン・ボックスパターンのマークに対して、フォーカス検出効果を持つようにマークの一部を改良し、更にマークそのものの配置を工夫した。

【0025】図3～図4に、今回用いたフォーカスモニタ用パターンの平面図を示した。このフォーカスモニタ用パターンは、外側に設けた幅広で中抜きの大ボックスマーク301と、その内側に細かいパターンによって構成される小ボックスマーク302の二つからなる。大ボックスマーク301は、図3(a)に示したようにその領域を限定するものであってもよいし、図3(b)に示したように限定していないものでも構わない。また、その内側の小ボックスパターン302についても図3

(a) (b) のように、細い四角パターンでライン・アンド・スペース(L/S)パターンを形成するもの、図4(a)のように単純なL/Sパターンにより構成されるもの、図4(b)のように市松模様パターンにより構成されるものなどが考えられる。

【0026】なお、これらの改良として、図5(a)

8

(b) に示すように、内側と外側の関係を逆にしたパターンを用いることも可能である。即ち、外側の大ボックスマーク301を細かいパターン(L/S又は市松模様)で形成し、内側の小ボックスマーク302を幅広のパターン(面積の大きな矩形)で形成してもよい。但し、以下の説明では、図3及び図4に示すように、外側の大ボックスマーク301を幅広のパターン、内側の小ボックスマーク302を微細パターンとしたものについて説明する。

【0027】図3及び図4に示すようなフォーカスモニタ用パターンにおいて、内側の小ボックスマーク302からの±1次回折光のうち片方だけを何らかの方法で遮ることができれば、ウェハ上には0次光及び+1次光の二光束成分と0次光及び-1次光との二光束成分の割合がくずれ、フォーカス位置がずれた場合にパターン自身の位置ずれとなりウェハ上に転写される。反対に、外側の大ボックスマーク301による回折光は遮られないように設計された比較的大パターンを採用した。このように設定することで、アライメント精度測定装置を用いることにより、両者のパターンの相対距離を測定することによりフォーカスずれ量を容易に検出することができる。

【0028】しかし、露光用マスク上のデバイスパターンからの回折光を同時に遮ると、フォーカス精度は測定できて肝心のデバイスパターン自体の結像特性に悪影響を与える恐れがあるため、デバイスパターンからの回折光を遮ることなく、フォーカスモニタ用パターンであるボックス・イン・ボックスパターンの小ボックスマークからの1次回折光の片方のみを遮る工夫を施した。以下に、そのための工夫について説明する。

【0029】本実施形態では、ボックス・イン・ボックスパターンにおける小ボックスマークからの1次回折光の片方のみを遮るための手段として、ベリクルフレームを利用した。ベリクルフレームは、露光用マスクの表面を保護するためのベリクル膜を支えるものであり、露光用マスクは一般にこれらを取り付けた状態で露光に供される。ベリクルフレームを用いた理由は、マスク製作上の新規プロセスの導入が必要なく、コスト面を配慮したためである。

【0030】図6には、露光用マスクの断面図と同時に、デバイスパターン604とボックス・イン・ボックスタイプのフォーカスモニタ用パターン605、更にはベリクルフレーム608及びベリクル膜609の位置関係を示した。図6に示した露光用マスクにおいて、600は露光光に対して透明な透明基板、601は実際のデバイスパターンが存在するパターン領域、602はフォーカスモニタ用パターン605やアライメントマークが存在するカーフ領域、603はマスクアライメントマークが配置される周辺部を示している。

【0031】ここで、フォーカスモニタ用パターン60

5を露光カーブ領域602の最外部に配置し、デバイスパターン602からの結像に有効な回折光はペリクルフレーム608で遮られることがなくフォーカスマニタ用パターン605の内側パターンのみが遮られるような条件を決定した。具体的な決定手順を以下に示した。

【0032】露光装置では予めNAが決まっているため、1次回折光の最大回折角(θ_p)はn倍体マスクを使用した場合、 $\sin \theta_p = NA/n$ の制限がある。つまり、1次回折光の回折角が θ_p 、即ち $\sin^{-1}(NA/n)$ 以上の角度で回折されても、投影光学系の瞳で蹴られるのでここでは考慮しなくてもよい。このとき、ボックス・イン・ボックスタイプのフォーカスマニタ用パターン605の小ボックスマークからの回折光607をペリクルフレーム608で遮る場合、ペリクルフレーム608の高さHが決まっていれば、ペリクルフレーム608がパターン領域601からの回折光606を遮らないための位置が定まる。

【0033】この位置は、図6に示したように、カーブ領域602の端からペリクルフレーム608までの距離は最小で L_{MIN} となる。逆に言えばこの距離が L_{MIN} より大きいならば、デバイスパターン領域601からの1次回折光606はペリクルフレーム608により遮られることはない。小ボックスマークからの1次回折光が遮られるためにはペリクルフレーム608の高さHから、小ボックスマークから回折光が遮られるための最小回折角度 θ_{MIN} が定まり、 $\tan \theta_{MIN} > L_{MIN}/H$ を満足する場合、小ボックスマークからの1次回折光がペリクルフレーム608により遮られることになる。

【0034】以上のことから、 $\tan^{-1}(L_{MIN}/H) < \theta_{MIN} < \sin^{-1}(NA/n)$ が成り立つ範囲に1次回折光が回折される条件に、小ボックスマークを微細パターンで構成すればよいことが分かる。

【0035】次に、この角度の条件を小ボックスマークのピッチの観点で考察した。一般的に回折格子(この場合はマスクパターンに相当)により回折される光とその角度の関係は回折角度を θ 、マスクパターンのピッチをd、露光波長を λ 、回折の次数をmとすると $d \cos \theta = m\lambda$ となる。回折の次数は1次のみを考えるので上記式は $m=1$ で $\cos \theta = \lambda/d$ となる。これをさらに前記の小ボックスマークからの回折角度 θ_f についての条件式に当てはめると

$$\tan^{-1}(L_{MIN}/H) < \cos^{-1}(\lambda/d) < \sin^{-1}(NA/n) \quad \dots (1)$$

となり、この条件を満足するパターンピッチに設定することで、デバイスパターン604からの回折光は遮られることなく小ボックスマークからの1次回折光のうち片方の成分のみを遮ることができた。

【0036】次に、小ボックスマークのピッチが上記範囲内である一定の値に定められた時、そこからの1次回折光のみを遮るためのペリクルフレームを配置すべき位

置について考察した。この条件を満たす回折角度が最小の場合(θ_{MIN})を図6に示したが、図7にこの角度が最大となる場合を示した。図7のとき、デバイスパターン604からと小ボックスマークそれぞれからの1次回折光606、607は平行となる。つまり、図6と図7の中間条件として、図8に示したようにペリクルフレームが608と612の間、つまりカーブ領域の幅(L_{Kerf})の間にあれば小ボックスマークからの1次回折光のうち片方の成分のみを遮ることができ、フォーカスマニタマスクとして適用できることが分かった。

【0037】具体的には、フォーカスマニタ用パターン605からペリクルフレーム608までの距離Lは、 $L_{MIN} < L < L_{MAX} = L_{MIN} + L_{Kerf} \quad \dots (2)$ 即ち、Lを L_{MIN} から L_{Kerf} の範囲内の存在するように設定すればよいことが分かる。

【0038】具体的な適用例を、以下に示す。ここで用いた露光条件は、露光波長 $\lambda = 248 \text{ nm}$ 、ウェハ側開口数 $NA = 0.68$ 、照明のコヒーレンスファクタ $\sigma = 0.75$ 、マスクパターンの倍率は4であった。使用した露光用マスクには、前記図3に示したフォーカスマニタ用パターン605を、カーブ領域602の端に配置した。カーブ領域602の幅は、 $80 \mu\text{m}$ (ウェハ上換算寸法)であった。なお、寸法は特に記載が無い限り、以下ウェハ上換算寸法とする。

【0039】外側ボックスマークの幅は $2 \mu\text{m}$ の抜きパターン、内側ボックスマークの幅は $2 \mu\text{m}$ であり、内部をピッチは、前記(1)式を満足する $0.3 \mu\text{m}$ のL/Sパターンで構成した。使用したペリクルフレーム608の高さHは6mm(マスク上)であった。また、ペリクルフレーム608は、前記(2)式を満足する位置として、図6の条件としてフォーカスマニタ用パターン605からの距離が1mm(マスク上)の位置に配置した。

【0040】まず始めに、露光用マスクを用いて、実際の露光を行った際の検出感度を求めた。

【0041】Siウェハ上には塗布型の反射防止膜60nmをスピニング後、加熱処理をして形成し、さらに化学増幅系ポジ型レジストを厚さ $0.4 \mu\text{m}$ でスピニングした。その後、 100°C 、90秒でブリーク処理を行った。これら一連の処理は、露光装置に連結されたトラック内で行われた。これらの処理が終了したウェハを露光装置に搬送し、上記露光用マスクを用いて露光を行った。

【0042】露光は、露光装置の設定露光量を 17.5 mJ/cm^2 、 20 mJ/cm^2 、 22.5 mJ/cm^2 、 25 mJ/cm^2 の4種類、デフォーカスを $-0.5 \mu\text{m}$ より $+0.5 \mu\text{m}$ まで、 $0.1 \mu\text{m}$ 刻みに変化させた。露光されたフォーカスマニタ用パターンをアライメント精度測定装置により、外側ボックスマークと内側ボックスマークの位置ずれ量のデフォーカス依存性を

測定した。

【0043】図9に、このときの位置ずれ量とデフォーカスとの関係を示した。図9より、露光量に依存せず、0.1μmのフォーカスずれが位置ずれ量10nmに相当することが分かった。今回使用したアライメント精度測定装置の再現性が2.5nmであるため、フォーカスの精度に直すと今回用いたフォーカスモニタ用パターンの感度は、25nmの高いフォーカス検出感度が実現できていることが分かった。また、デバイスパターンへの影響を調べた結果、フォーカスモニタ用パターンに一番近い位置のパターンとマスクの中央部に近いパターンとを比較したところ、転写精度に対して問題は見られなかった。

【0044】以上のようにベリクルフレームを前述のような条件(1)式及び(2)式を満たす位置に置けば、デバイスパターンに何の影響を及ぼすことなくフォーカス精度をパターンの位置ずれとして検出できることが分かった。実際の測定としてはアライメント検査装置を用いて外側ボックスマークと内側ボックスマークとの相対距離を測定すればよく、従来の位相シフトを用いたような特殊なマスク技術を用いることなく、方向も含めてフォーカスのずれを高い検出精度で求めることができた。

【0045】なお、今回用いた露光用マスクにおいては、ボックスインボックスタイプのフォーカスモニタ用パターンを用いたが、これに限られるわけではなく、アライメント精度測定装置において検出可能なマークの一部を、上記に示した回折光が遮られる条件を作ればよい。また、上記例では抜きタイプのパターンを想定しているが白黒反転したパターンでも同様に適用できる。

【0046】さらに、カーブ領域が狭くデバイスパターン領域に影響を与えずにベリクルフレームを配置することが難しい場合には、図10に示すように、フォーカスモニタ用パターン605をマスクのコナ部に配置するとよい。このようにするとパターン領域601からフォーカスモニタ用パターン605までの距離約1.4倍となる。従って、ベリクルフレーム608の位置精度が緩和できる。

【0047】また、フォーカスモニタ用パターンはカーブ領域に限定されたものではない。例えば、カーブ領域内の他の検査用パターンにおいて、回折光が遮られる場合には図11(a)に示すようにカーブ領域602のさらに外側にフォーカスモニタ用パターン605を配置し、露光領域はフォーカスモニタ用パターン605を含めた広い領域に設定し露光を行う。この場合は、フォーカスモニタ用パターン605から1次回折光の片側成分のみを遮るベリクルフレーム608までの距離が大きくなるため、ベリクルフレーム608の位置精度の緩和に効果がある。

【0048】露光を行った際に、図11(b)のように

該フォーカスモニタ用パターン605にマークが重ならないで検査できるようにデザインを工夫することも有効である。即ちこの場合には、フォーカスモニタ用パターン605は隣接するチップのカーブ領域602に露光されることになるのである。

【0049】本実施形態では、フォーカスモニタ用パターンをデバイスパターンと同一マスクに配置した例を説明したが、装置の状態を管理するために用いるQCレチクル等上記のフォーカスモニタ用パターンを配置して用いてもよい。また、ベリクルフレームとフォーカスモニタ用パターンとの相対位置精度が厳しい時は、例えば図12に示したようにフォーカスモニタ用パターンを少しずつづらして多数配置し、検査後にフォーカスモニタ用パターンとして所望の性能を示したものをを用いればよい。

【0050】このように本実施形態によれば、フォーカスのずれ量を測定するためにフォーカスモニタ用パターンの小ボックスマークからの±1次回折光のうち片方だけ遮ることにより、ウェハ上のフォーカス精度を位置ずれ量として高精度に測定することができるようになった。これにより、常に適正なフォーカスにより露光することができるようになり、歩留まりの向上への寄与がなされた。

【0051】これまでもフォーカス精度を測定する方法はあったが、その目的のために特別なパターンを用いるか若しくは位相透過膜を用いなければならないという制限があった。これに対し本実施形態では、そのような特殊なマスクを用いることなく既存のマスクを用いて、それに若干の改良を加えることでフォーカス精度を測定できるようになった。測定においては、既存のアライメント精度測定装置を使うことができるので、この目的のために特に新たな装置を使う必要もない。

【0052】(第2の実施形態)図13は、本発明の第2の実施形態に係わる露光用マスクの要部構成を示す断面図である。なお、図6と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0053】第1の実施形態においては、ベリクルフレーム608でボックス・イン・ボックスパターンの1次回折光を遮っていたが、回折光を片側だけ遮るものがあれば何でも構わない。そこで、本来露光に用いる光を透過させるベリクル膜609に対し、領域を選択して色を付けるなどの加工を施し、露光に用いる光を透過させる部分と透過させない部分610とに分割する。小ボックスマークからの回折光607の片方だけをベリクル膜609の着色部分610で遮り、デバイスパターン604からの回折光606はベリクル膜609を透過するようにする。

【0054】このように本実施形態では、ベリクル膜609の一部の領域に色を付けて光を透過させない部分610を設けたことにより、フォーカスモニタ用パターン

10

20

30

40

50

13

605の小ボックスマークからの1次回折光607の片方だけを遮ることができる。従って、第1の実施形態の場合と同様にフォーカス精度を測定することができ、第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0055】(第3の実施形態)図14は、本発明の第3の実施形態に係わる露光用マスクの要部構成を示す断面図である。なお、図6と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0056】第1の実施形態では、ボックス・イン・ボックスパターン¹⁰の1次回折光の片方のみを遮るためにペリクルフレーム608を利用したが、露光装置にそのために特別な機能を持つ遮光部材710を適当な位置に配置することも有効な手段である。特に、マスク作成におけるなんらかの制限によりペリクルフレーム608やペリクル膜609で回折光を遮ることができない場合に有効である。

【0057】本実施形態の方法でも、フォーカスモニタ用パターン605の小ボックスマークからの1次回折光607の片方のみを遮ることができるので、第1の実施形態と同様にフォーカス精度を測定することができる。²⁰

【0058】(第4の実施形態)図15は、本発明の第4の実施形態に係わる露光用マスクの要部構成を示す平面図である。なお、図6と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0059】第3の実施形態のように、ボックス・イン・ボックスパターンからの回折光のみ遮るためのペリクルフレーム608をその所定の位置におけない場合が考えられる。具体的には、マスク上のアライメントマークがマスク基板の外側近くに存在するような場合である。ペリクルフレーム608はマスク上のパターン全体を覆³⁰う必要があるため、パターン領域は勿論のことマスク上のアライメントマークを覆わなければならない。

【0060】このような場合には、もしカーフ領域602のフォーカスモニタ用パターン605がレチクルアライメントマークの付近にない場合には、小ボックスマークからの1次回折光607の片方を遮るために特別な部品810をペリクルフレーム608に付随させる。これにより、ペリクルフレーム608を小ボックスマークからの1次回折光607の片方を遮る位置に配置できない場合にも、部品810により回折光のみを遮ることができ⁴⁰る。従って、本実施形態の方法においても第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0061】(第5の実施形態)図16は、本発明の第5の実施形態に係わる露光用マスクの要部構成を示す断面図である。なお、図6と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0062】第3及び第4の実施形態の場合とは反対に、ペリクルフレーム608がパターン領域601に近づきすぎる場合には、フォーカスモニタ用パターン605とデバイスパターン604からの両方の回折光60⁵⁰

14

6、607がペリクルフレーム608によって遮られる可能性がある。このような場合にはデバイスパターン604からの回折光が遮られているペリクルフレーム608の部分に穴を開けて透過させればよい。勿論、フォーカスモニタ用パターン605の小ボックスマークからの1次回折光607は遮られる高さに止めておく必要がある。

【0063】本実施形態の方法でも、フォーカスモニタ用パターン605の小ボックスマークからの1次回折光607の片方のみを遮ることができ、デバイスパターン604からの回折光は透過させることができるので、第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0064】(第6の実施形態)図17は、本発明の第6の実施形態に係わる露光用マスクの要部構成を示す断面図である。なお、図6と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0065】第1の実施形態においてはフォーカスモニタパターンを露光カーフ領域の最端部に配置し各種条件を求めたが、本発明はこれに限るものではない。図17に示すように、カーフ領域自体の長さ L_{kerf} (909)、フォーカスモニタ用パターン605の小ボックスマークの一辺を x (910)、フォーカスモニタ用パターン605の中心からカーフ領域602の端までの距離を y (911)とすると、第1の実施形態の時に単純に L_{kerf} としていた値を $L_e = L_{kerf} - x/2 - y$ に置き換えれば、第1の実施形態と同じ条件で本マスクによりフォーカス精度を測定することができる。

【0066】(変形例)本発明は、上述した各実施形態に限定されるものではない。実施形態においては、フォーカスモニタ用パターンとして図3～図5に示すようなボックス・イン・ボックスパターンを用い、内側と外側のパターンの相対距離からフォーカス精度を測定したが、本発明はこれに限定されるものではない。1次回折光の片方だけを遮ることができれば、どのようなパターンを用いても構わない。パターンピッチを大きくし回折角度を小さくするなどして1次回折光が両方ともウェハ上に到達するようなパターンではフォーカスがずれても位置ずれを起こさない。このようなパターンをフォーカスモニタ用パターンの近くにおいておくことで両者の間の相対距離からフォーカス精度を測定することができ^る。

【0067】また、測定に関してもアライメント検査装置を必ず用いなければならないという制限はなく、片方の1次回折光のみが遮られフォーカスずれによりウェハ上に転写される位置がずれたパターンと、回折光が全く遮られることなく、即ちフォーカスにより位置ずれを起こさないパターンとの間の相対距離を測ることができるものであればどのようなものを用いても構わない。

【0068】その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0069】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、パターンピッチの異なる2種のパターンでフォーカスモニタ用パターンを形成し、ピッチの細かい方のパターンからの±回折光のうちの片方を遮ることにより、2種のパターンのずれからフォーカスずれを検出することが可能となる。そしてこの場合、このフォーカスモニタパターンは特別にモニタ用のマスクに形成する必要はなく、デバイスパターンが形成されるパターン領域の外側に配置してもフォーカスモニタに使用できる。従って、フォーカスモニタのために特別なマスクを用いることなく、投影光学系によるフォーカスを高い感度で精度良く測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】マスク上の菱形マークとウェハ上に転写された菱形マークパターンを示す図。

【図2】図1の菱形マークを用いたときのデフォーカスとパターン長Lとの関係を示す図。

【図3】第1の実施形態に用いたフォーカスモニタ用パターンの例を示す平面図。

【図4】フォーカスモニタ用パターンの他の例を示す平面図。

【図5】フォーカスモニタ用パターンの更に他の例を示す平面図。

【図6】フォーカスモニタ用パターンとペリクルフレームとの位置関係（フォーカスモニタパターンからの1次回折角度が最小となる場合）を示す断面図。

【図7】フォーカスモニタ用パターンとペリクルフレームとの位置関係（フォーカスモニタパターンからの1次回折角度が最大となる場合）を示す断面図。

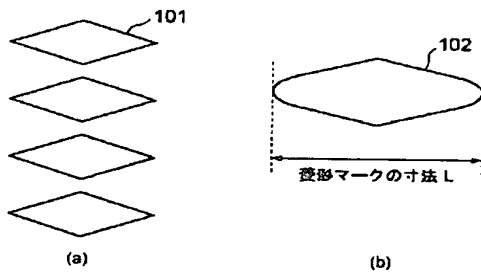
【図8】フォーカスモニタ用パターンとペリクルフレームとの位置関係（1次回折角度の最小と最大の範囲）を示す断面図。

【図9】位置ずれ量とデフォーカスとの関係を示す図。

【図10】フォーカスモニタ用パターンを45度傾けてカーブ領域に配置した例を示す平面図。

【図11】フォーカスモニタ用パターンをカーブ領域の*

【図1】



*外に配置した例を示す平面図。

【図12】フォーカスモニタ用パターンをカーブ領域内にその位置を少しずつずらして配置した例を示す平面図。

【図13】第2の実施形態を説明するためのもので、フォーカスモニタ用パターンからの1次回折光の片側成分を特殊加工を施したペリクル膜で遮る例を示す断面図。

【図14】第3の実施形態を説明するためのもので、フォーカスモニタ用パターンからの1次回折光の片側成分を露光装置に付随した部品で遮る例を示す断面図。

【図15】第4の実施形態を説明するためのもので、フォーカスモニタ用パターンからの1次回折光の片側成分をフレームに付随させた部品で遮る例を示す平面図。

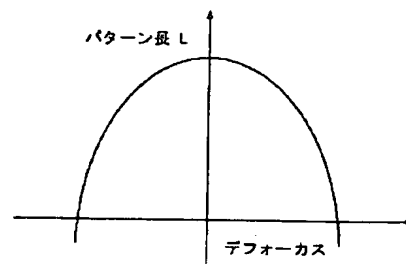
【図16】第5の実施形態を説明するためのもので、ペリクルフレームに穴を開け、この穴からデバイスパターンからの回折光を透過させる例を示す断面図。

【図17】第6の実施形態を説明するためのもので、フォーカスモニタ用パターンがカーブ領域の任意の位置に存在する場合を示す図。

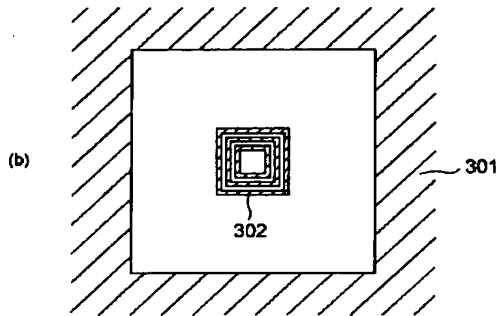
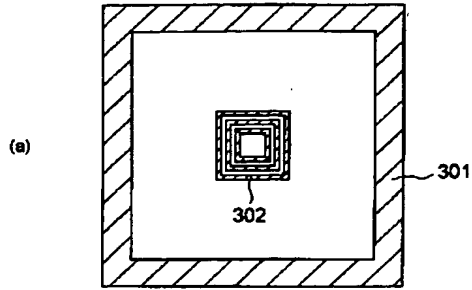
【符号の説明】

- 101…菱形マーク
- 102…菱形マークパターン
- 301…大ボックスマーク
- 302…小ボックスマーク
- 600…透明基板
- 601…パターン領域
- 602…カーブ領域
- 603…周辺部
- 604…デバイスパターン
- 605…フォーカスモニタ用パターン
- 606…デバイスパターンからの1次回折光
- 607…小ボックスマークからの1次回折光
- 608…ペリクルフレーム
- 609…ペリクル膜
- 610…着色部分（遮光部）
- 710…遮光部材
- 810…部品（遮光部）

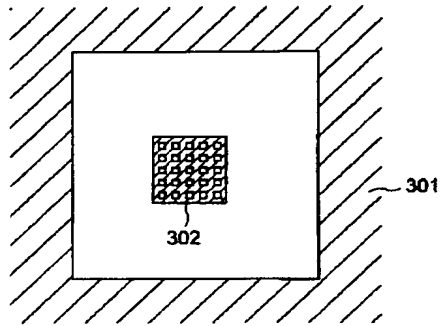
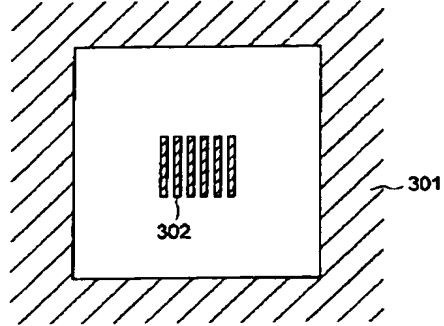
【図2】



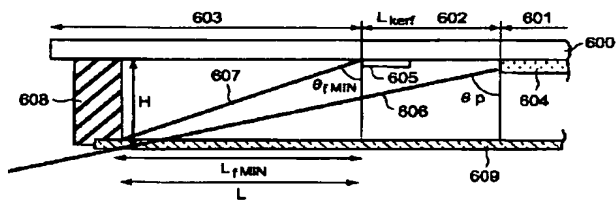
【図3】



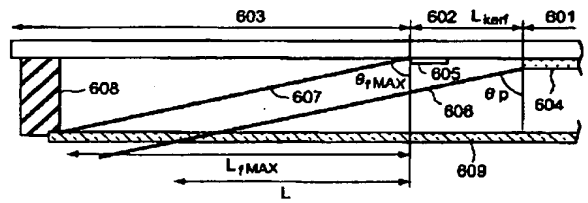
【図4】



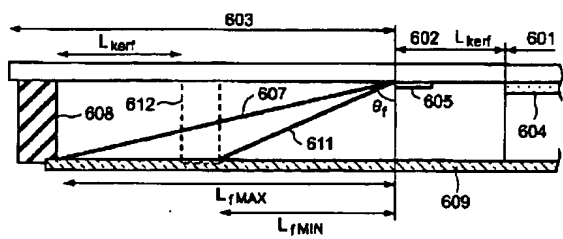
【図6】



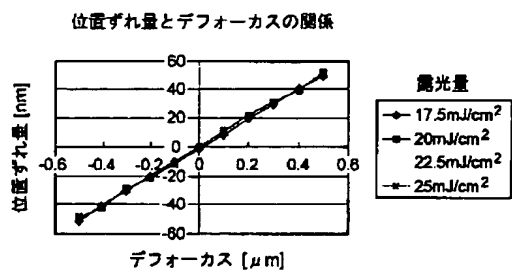
【図7】



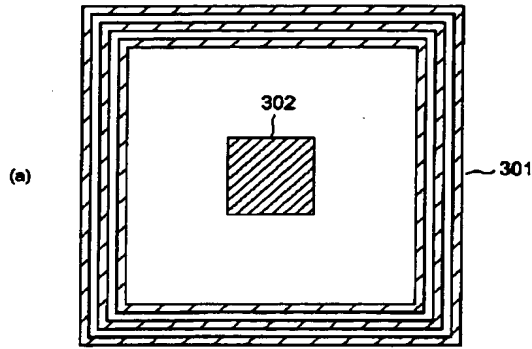
【図8】



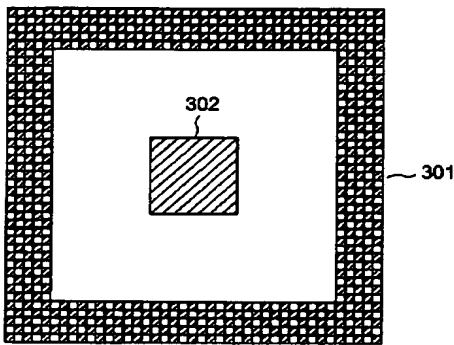
【図9】



【図5】

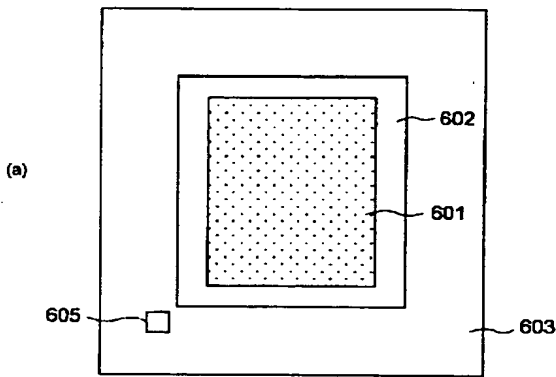


(a)

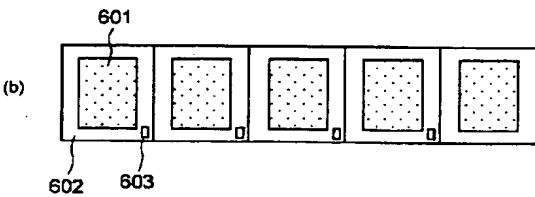


(b)

【図11】

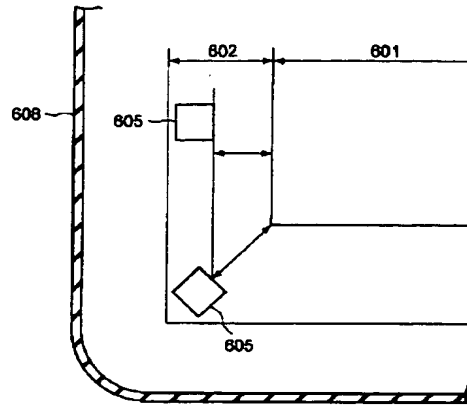


(a)

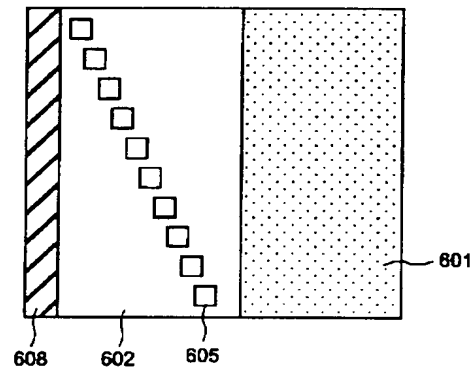


(b)

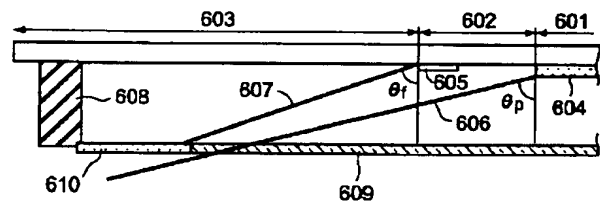
【図10】



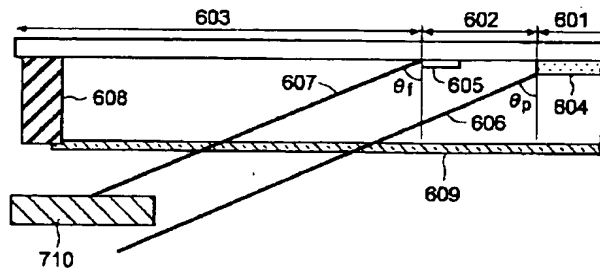
【図12】



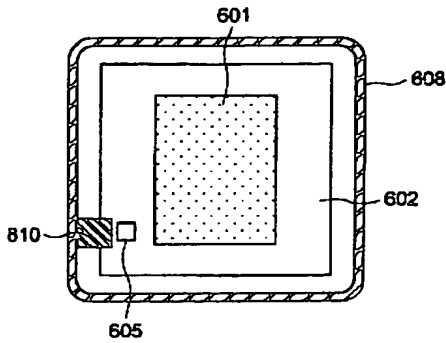
【図13】



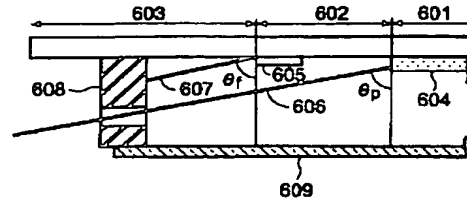
【図14】



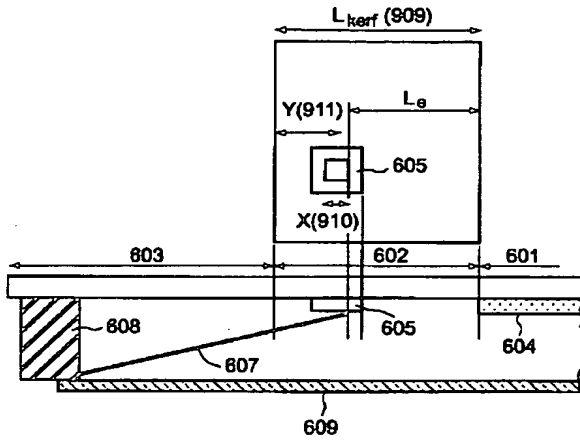
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	タームコード (参考)
		H 0 1 L 21/30	5 1 6 A
(72) 発明者 坂元 隆	神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株 式会社東芝横浜事業所内	(72) 発明者 佐藤 隆	神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株 式会社東芝横浜事業所内
(72) 発明者 浅野 昌史	神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株 式会社東芝横浜事業所内	(72) 発明者 井上 壮一	神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株 式会社東芝横浜事業所内
		F ターム (参考) 2H095 BC32 BC36 BE05	5F046 CB17 DA14 DB05